

研究ノート

新井田川下流の水環境への海水の影響

大歳 恒彦

1. はじめに

新井田川は幸福川、寺田川、境川、平田川、豊川などとともに、延長約35km、流域面積約79.4km²の二級河川新井田川水系を形成している。この流域は東部には出羽丘陵が、西部には扇状地として発達した広大で肥沃な庄内平野の低平地が広がり、その下流には酒田市の市街地が位置しており、新井田川はその河口で酒田港につながっている¹⁾。

河川の「生活環境の保全に関する環境基準」はAAからE類型までの6段階に分類されるが、新井田川はC類型に指定されており、生活排水などの指標となるBOD（生物化学的酸素要求量）の環境基準値は5mg/ℓ（75%値）となっている。酒田市内の水環境は下水処理施設の整備などとともに改善されてきており、新井田川のBODデータも近年は2～3mg/ℓ程度で、この環境基準を満たしている²⁾。

新井田川は舟運で賑わった江戸時代（当時の名称は内川）からの古い歴史を持ち、沿岸は現在も港や山居倉庫と調和した独特の景観を形成している³⁾。また、市民の生活に深い関わりを持つ新井田川の豊かな水辺づくりのために、「心のふるさと新井田川の会」などの市民団体が定期的に環境整備の活動を行っている⁴⁾。

ここでは、「心のふるさと新井田川の会」が新井田川下流において行っている水質調査⁵⁾の一環として得られた河川水試料の分析結果から、海水の河川水への浸入、海水濃度と電気伝導率（EC）との関係などについて報告する。

2. 調査方法

- ・調査地点：新内橋（河口から約0.7km上流、国道112号線）
浜田橋（河口から約2km上流、浜田小学校付近）

新井田川橋（河口から約3.5km上流、国道7号線）

- ・調査期間：平成17年度～22年度、各年度とも原則として6月、9月、2月の3回調査
- ・試料採取：新井田川の上記3地点において、それぞれ上層の表層水はバケツを用い、下層の水はポンプのサクションホースを川底まで下げて採取し、分析用試料とした。
- ・分析方法：pH、電気伝導率（EC）およびイオンクロマトグラフ法による陰イオンの分析を行った。分析方法については、前報のとおり⁶⁾。

3．結果および考察

（1）海水の浸入状況

平成17年から現在までの約20回の調査で採取した水についてイオン成分の分析を行った。約100試料の新井田川の河川水中の塩化物イオン（ Cl^- ）濃度のヒストグラムを図1に、各地点の平均濃度（対数軸）を図2に示す。河口に最も近い新内橋の下層（下）では平均値として約19,500mg/ℓ、上層（上）でも約1,600mg/ℓとなった。また、河口から約2kmの浜田橋（下）で約9,600mg/ℓ、浜田橋（上）で約760mg/ℓの平均値が得られ、河口から約3.5km離れた新井田川橋でも下層では約1,820mg/ℓ、上層でやっと110mg/ℓの平均値となった。このように、新井田川では河口に近いほど、上層よりも下層であるほど塩化物イオン濃度が高く、海水の浸入による影響を受けていることがわかった。

従来から酒田市内の最上川、小牧川などでも1,000mg/ℓを超える高い濃度の塩化物イオンが検出されており、新井田川においても下流に行くにしたがって塩化物イオンの濃度が高くなる事例が示されている⁶⁾。一般に塩分濃度が500mg/ℓ以下を淡水、それ以上を塩水と呼んでいるが⁷⁾、新井田川ではコイなどの淡水魚とともに、ボラ、ハゼ、スズキなどの汽水域に生息する魚も観察されており、恒常的に海水が浸入していることがわかる²⁾。

海水は淡水よりも比重が高く、重いことから、いわゆる「塩水くさび」として、同じ地点においても上層には淡水が、下層には塩分濃度の高い海水の層が

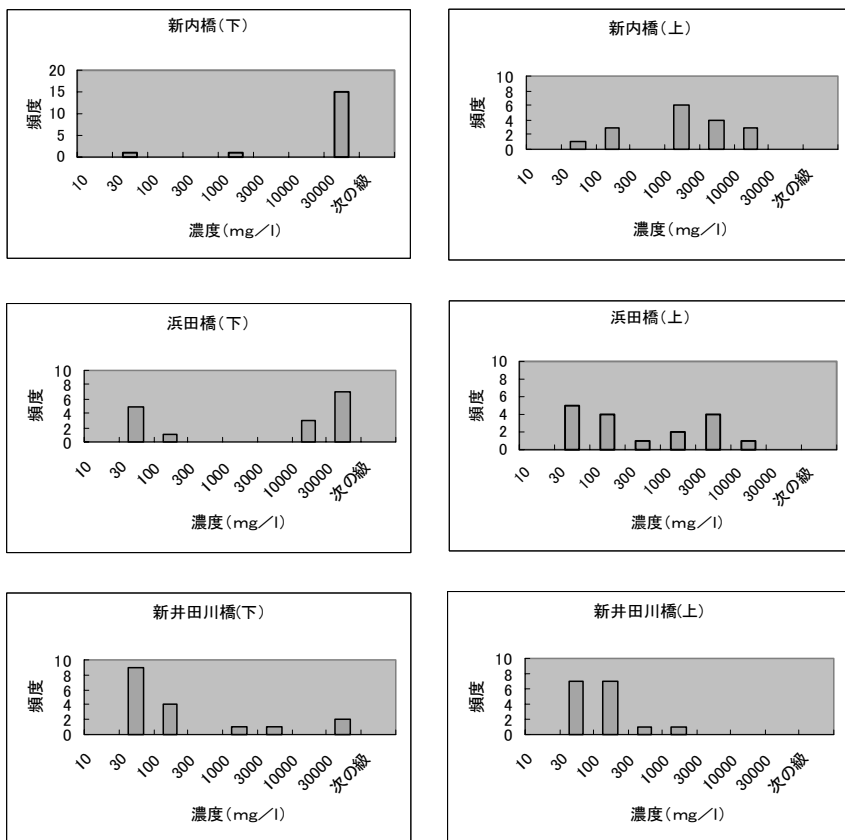


図1 地点別の塩化物イオン (Cl^-) 濃度のヒストグラム

構成されることが知られている。調査結果から、いずれの採取地点においても上層に比べて下層で塩化物イオン濃度が高くなっていることから、「塩水くさび」の状態が新井田川にも起こっていることがわかる。海水中の塩化物イオン濃度は約19,400mgとされており⁸⁾、最下流の新内橋(下)では、ほとんど海水が飽和状態となっていると推測され、上流に行くほど、また上層になるほど淡水の比率が多くなる。

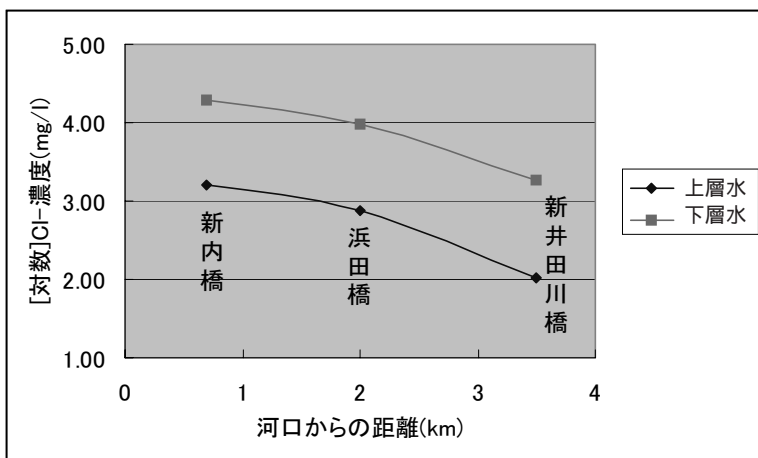


図2 河口からの距離と塩化物イオン（Cl⁻）濃度（平成17～22年度平均）の関係

（2）海水濃度とEC（電気伝導率）の関係

塩化物イオン（Cl⁻）濃度とともに大きく変化したのが、EC（電気伝導率）であった。図3は塩化物イオン（mg/ℓ）とEC（mS/m）の関係を対数軸にプロットしたものである。両者の関係は相関係数で $R=0.993$ と高い正の相関があった。水試料のECは試料中の溶解性イオンの総量にほぼ比例するといわれていることから、新井田川のように海水の影響の大きい河川においては、海水濃度の簡易的な指標としてEC値を用いることができることがわかる。塩化物イオン濃度の測定には実験室のイオンクロマトグラフ装置が必要であるが、ECであればポータブルな計器で、可搬性もあるため、現地における測定も可能である。「心のふるさと新井田川の会」による本調査のきっかけは、塩水が含まれていることがわからずに新井田川の水を沿岸の花壇に水やりし、草木が枯れてしまったことから始まったと聞いているので、このような被害を予防するためにもEC計の使用が有効である。

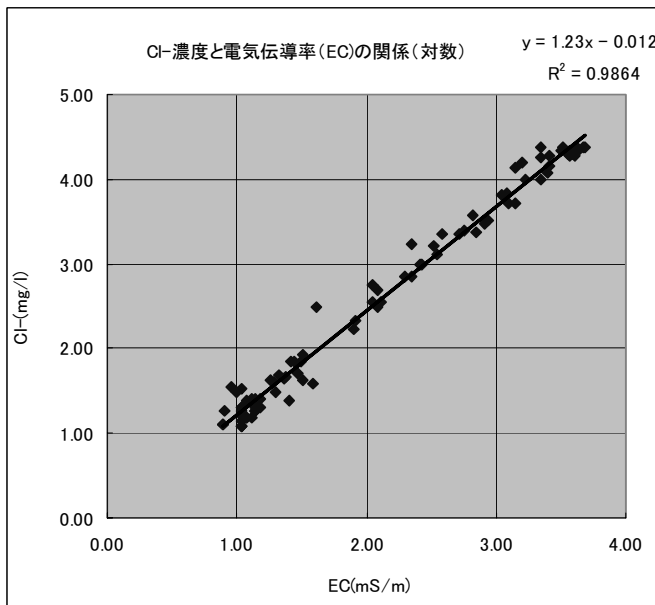


図3 塩化物イオン(Cl⁻)濃度と電気伝導率(EC)の関係(対数)

(3) 水量、潮汐および気象条件などとの関係

一般に、海につながる河川への海水の浸入に影響を与える要素としては、河川水量、潮汐、気圧、風向風速などがあげられる。新井田川水系には山地が少なく、その流況は最上川の灌漑用水の落ち水による影響が大きいため、非灌漑期である冬期間の流量が減少する傾向にある¹⁾。河川水量が少ない場合には海水が浸入しやすくなるが、多量の降水のあった後などでは河川水量が増して海水を押し戻す。図4には、2月、6月、9月の各地点における上層水中の塩化物イオン(Cl⁻)濃度の平均値を示した。調査回数が少ないために、確定的なことはいえないが、6月の平均濃度は新内橋(上)でも250mg/ℓで、浜田橋(上)および新井田川橋(上)では20mg/ℓ以下と低くなり、灌漑用水による流量増加の影響により海水の浸入が抑えられたと考えられる。また、9月と2月はどちらも灌漑用水が少ないが、本調査の行われた2月には、後述のような雪解け水の影響などがあったことなどから、晴天の多い9月よりもやはり海水の浸入が少なかったものと思われる。

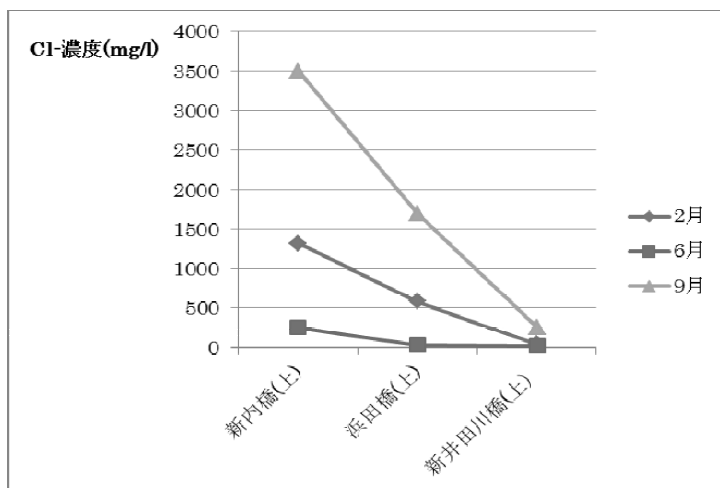


図4 上層水中の塩化物イオン (Cl-) 濃度の季節変化

海面は月や太陽の引力によってほぼ1日に1～2回の割合で周期的に満潮と干潮を繰り返し、海面の高さである潮位が高い満潮の場合には海水が浸入しやすくなる。また、干満の差は太陽と月が直列に並ぶ満月や新月の時に大潮となり最大となる。一方、太陽と月が地球に対して直角に並ぶ時に小潮となって最小となる。台風が接近するなど気圧が低くなると海面が持ち上がり、また、海岸に向かって風が吹くと海水は海岸に吹き寄せられて、海岸付近の海面の上昇につながる。このように、海水、河川水の状態と他の気象要素などが複雑にからみあっているものと考えられるが、表1には、いくつかの典型的な事例を示した。

平成18年2月15日は曇りの天候であったが、真冬にもかかわらず平均気温が数日前から10℃前後と高くなり、雪解け水と前日までの降水の影響による水量の増加があり、海水を押し戻す形で、河口に近い新内橋の下層でもほとんど淡水に近い状態になっている希な例である。同様に水量が多かった平成21年6月12日も、当日は曇り時々晴れの天候であったが、前日に30mm以上の降雨があった影響もあり、海水の浸入は新内橋の下層のみとなっている。

一方、平成21年9月26日には、浜田橋や新井田川橋においても海水の浸入が見られるが、当日を含めて数日間降雨がなく水量が少なかったこと、満潮の潮

位が高かった(43cm)こと、および北北西の風が強かったことによる海水の吹き寄せなどが原因としてあげられる。また、平成23年2月12日は、塩化物イオンのほぼ平均的な値が得られている事例である。当日以前数日間の平均気温が0から1℃で推移していることから、降水も雪として残り、水量の増加にはつながっていない。

表 1 新井田川の水質と気象条件などの事例

| 調 査 年月日 | 新内橋(上) Cl ⁻ 濃度 | 浜田橋(上) Cl ⁻ 濃度 | 満 潮 時 刻、潮位 (cm) ¹⁰⁾ | 干 潮 時 刻、潮位 (cm) ¹⁰⁾ | 降 水 量 (前 2 日 間, mm) ⁹⁾ | 風向、風 速(m/s) ⁹⁾ | 備 考 |
|------------|------------------------------|------------------------------|--|--|---|--------------------------------|--------------|
| H18.2.15. | 24mg/ ℓ | 25mg/ ℓ | — | — | 11.0 | 南西、 3.3 | 雪解け水 等の影響 |
| H21.6.12. | 69mg/ ℓ | 18mg/ ℓ | 7:46、 26 | 10:35、 25 | 32.5 | 西南西、 4.5 | |
| H21.9.26. | 5200mg/ ℓ | 3300mg/ ℓ | 6:24、 43 | 15:04、 19 | 0 | 北北西、 7.6 | |
| H23.2.12. | 720mg/ ℓ | 360mg/ ℓ | 10:57、 12 | 12:21、 12 | 4.0 | 北北西、 2.1 | |

注) 満潮および干潮は「酒田」¹⁰⁾、降水量および風向風速は「酒田測候所」⁹⁾ のそれぞれデータを使用。

4 . まとめ

- 1) 新井田川の下流域において、河口に近いほど、また下層であるほど、海水の影響が大きくみられる。海水の浸入には河川水量や潮位および種々の気象条件が影響を与えている。
- 2) 塩化物イオン濃度と電気伝導率 (EC) の間には高い相関関係があり、新井田川のように海水の影響を受けやすい河川水では、塩分の指標としてイオン成分を計らなくとも、EC値を測定することによって代替が可能である。

謝辞

本調査の実施にあたっては、「心のふるさと新井田川の会」の原田清廣会長、伊藤則義副会長、鈴木四郎事務局長をはじめ、故阿部八郎さん、佐々木良蔵さん、池田巳喜雄さん、浅井勝四郎さんなどの方々にご協力をいただいた。ここに記して感謝申し上げたい。

参考資料

- 1) 二級河川新井田川水系河川整備計画、山形県、平成19年7月。
- 2) (平成19、20年度) 酒田市環境報告書、酒田市環境衛生課(2008,2009)。
- 3) 平成14年度酒田市委託「新井田川沿線親水空間活用調査報告書」、東北公益文科大学、平成15年2月。
- 4) 心のふるさと新井田川の会、平成22年度定期総会議案書、平成22年2月5日。
- 5) 大歳恒彦、原田清廣、伊藤則義、阿部八郎、佐々木良蔵、新井田川の水環境について、第3回もがみがわ水環境発表会講演要旨集、p.23-26(2007)。
- 6) 大歳恒彦、大学周辺の水環境に関する2003年度調査結果、東北公益文科大学総合研究論集第8号、p.15-27(2004)。
- 7) 半谷高久、小倉紀雄、水質調査法(第3版)、丸善(1995)。
- 8) 平成21・22年 環境年表、国立天文台編、丸善、p.184(2009)。
- 9) 気象庁、過去の気象データ検索、
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>。
- 10) 潮Mie Yell(しおみエール) <http://sio.mieyell.jpaps.htm>。